

**BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**

18. 06. 2004

**PRIORITY  
DOCUMENT**SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

REC'D 13 JUL 2004

WIPO PCT

BEST AVAILABLE COPY

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung****Aktenzeichen:** 103 29 508.9**Anmeldetag:** 30. Juni 2003**Anmelder/Inhaber:** Siemens Aktiengesellschaft, 80333 München/DE**Bezeichnung:** Verfahren zur Überwachung eines Vibrationskreisels**IPC:** G 01 C 19/56

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 2. Juni 2004  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
 Im Auftrag

**Schmidt C.**

**Beschreibung****Verfahren zur Überwachung eines Vibrationskreisels**

5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Überwachung eines Vibrationskreisels, der einen Resonator darstellt und Teil mindestens eines Regelkreises ist, der den Vibrationskreisel durch Zuführung eines Erregersignals mit seiner Eigenfrequenz erregt, wobei dem Vibrationskreisel ein Ausgangssignal entnehmbar ist, aus dem durch Filterung und Verstärkung das Erregersignal abgeleitet wird.

10  
15 Beispiele aus EP 0 461 761 B1 sind Drehratensensoren bekannt geworden, bei welchen ein Vibrationskreisel in zwei gegenüber einer Hauptachse radial ausgerichteten Achsen ange- regt wird, wozu ein primärer und ein sekundärer Regelkreis mit entsprechenden Wendlern an dem Vibrationskreisel vorgese- hen sind. Werden derartige Drehratensensoren in Fahrzeugen zur Stabilisierung der Fahrzeuggbewegung eingesetzt, so können 20 durch Ausfall oder fehlerhafte Funktion Gefährdungen auftre- ten. Um diese zu vermeiden, ist eine Funktionsüberwachung des Drehratensensors erforderlich.

25 Eine solcher Überwachungen wird bei dem erfindungsgemäßen Verfahren vorzugsweise dadurch bewirkt, dass die Güte des Re- sonators gemessen wird und dass bei einer Güte unterhalb ei- nes Schwellwertes eine Fehlermeldung erzeugt wird.

30 Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis, dass der Vibrations- kreisel in einem evakuierten Gehäuse angeordnet ist, um eine geringstmögliche Dämpfung zu erzielen, und dass durch Alte- rung oder einen Defekt Luft in das Gehäuse eindringen kann, was die Brauchbarkeit des Vibrationskreisels vermindert bzw. ausschließt.

35 Eine erste vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung besteht darin, dass das Erregersignal abgeschaltet wird und dass die

Amplitude des abklingenden Ausgangssignals zur Erzeugung der Fehlermeldung ausgewertet wird. Diese Ausführungsform ist im Wesentlichen dafür geeignet, einen Test bei stehendem Fahrzeug durchzuführen, beispielsweise jeweils nach Einschalten  
5 der Zündung oder bei der Überprüfung des Drehratensensors im Rahmen der Herstellung.

Bei dieser Ausführungsform ist vorzugsweise vorgesehen, dass die Fehlermeldung erzeugt wird, wenn die Amplitude des Ausgangssignals nach einer vorgegebenen Zeit unter einem vorgegebenen Wert liegt. Die Schaltungstechnik ermöglicht jedoch eine Reihe anderer Verfahren zur Bestimmung der Abklingzeit einer gedämpften Schwingung, beispielsweise das Zählen von Schwingungen, bis sie einen vorgegebenen Wert unterschritten  
10 haben.  
15

Eine zweite Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, dass in den Regelkreis vorübergehend eine zusätzliche Phasendrehung des Erregersignals eingefügt wird und  
20 dass eine dadurch bedingte Frequenzänderung ausgewertet wird. Diese Ausführungsform eignet sich grundsätzlich auch für eine Prüfung während des Betriebes, wobei es vom Einzelfall abhängt, ob eine vorübergehende Phasendrehung des Erregersignals bzw. eine vorübergehende Frequenzänderung eine Auswertung des Drehratensignals für den jeweils vorgesehenen Zweck  
25 stört.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung der zweiten Ausführungsform eignet sich für eine digitale Realisierung des Regelkreises insbesondere dadurch, dass das Ausgangssignal nach Verstärkung und Analog/Digital-Wandlung in eine Inphase-Komponente und eine Quadratur-Komponente demoduliert wird, dass die Quadratur-Komponente nach Filterung einen Träger moduliert,  
30 der als Erregersignal dem Vibrationskreisel zugeführt wird, dass die Inphase-Komponente nach Filterung einer PLL-Schaltung zugeführt wird, welche die Frequenz und Phase des Trägers regelt, dass zur Phasendrehung des Erregersignals ein  
35

der Frequenzänderung entsprechendes Signal der PLL-Schaltung zugeführt wird, das eine Phasenänderung des Trägers bewirkt.

5 Die zweite Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens kann vorzugsweise derart ausgestaltet sein, dass die Phasendrehung etwa 10° bezogen auf den Träger ist.

10 Die Erfindung lässt zahlreiche Ausführungsbeispiele zu. Eine davon ist schematisch in der Zeichnung anhand mehrerer Figuren dargestellt und nachfolgend beschrieben. Es zeigt:

Fig. 1: ein Blockschaltbild eines Drehratensensors,

15 Fig. 2: Zeitdiagramme von Signalen, die in einem ersten Ausführungsbeispiel auftreten,

Fig. 3: Zeitdiagramme von Signalen bei einem zweiten Ausführungsbeispiel,

20 Fig. 4: ein Blockschaltbild eines zur Durchführung eines Verfahrens nach der ersten Ausführungsform ausgebildeten Drehratensensors und

25 Fig. 5: ein Blockschaltbild eines zur Durchführung eines Verfahrens nach der zweiten Ausführungsform ausgebildeten Drehratensensors.

Die Ausführungsbeispiele sowie Teile davon sind zwar als Blockschaltbilder dargestellt. Dieses bedeutet jedoch nicht, 30 dass die erfindungsgemäße Anordnung auf eine Realisierung mit Hilfe von einzelnen den Blöcken entsprechenden Schaltungen beschränkt ist. Die erfindungsgemäße Anordnung ist vielmehr in besonders vorteilhafter Weise mit Hilfe von hochintegrierten Schaltungen realisierbar. Dabei können Mikroprozessoren 35 eingesetzt werden, welche bei geeigneter Programmierung die in den Blockschaltbildern dargestellten Verarbeitungsschritte durchführen.

Fig. 1 zeigt ein Blockschaltbild einer Anordnung mit einem Vibrationskreisel 1 mit zwei Eingängen 2, 3 für ein primäres Erregersignal PD und ein sekundäres Erregersignal SD. Die Erregung erfolgt durch geeignete Wandler, beispielsweise elektromagnetische. Der Vibrationskreisel weist ferner zwei Ausgänge 4, 5 für ein primäres Ausgangssignal PO und ein sekundäres Ausgangssignal SO auf. Diese Signale geben die jeweilige Vibration an räumlich versetzten Stellen des Kreisels wieder. Derartige Kreisel sind beispielsweise aus EP 0 307 321 A1 bekannt und beruhen auf der Wirkung der Corioliskraft.

Der Vibrationskreisel 1 stellt ein Filter hoher Güte dar, wobei die Strecke zwischen dem Eingang 2 und dem Ausgang 4 Teil eines primären Regelkreises 6 und die Strecke zwischen dem Eingang 3 und dem Ausgang 5 Teil eines sekundären Regelkreises 7 ist. Der primäre Regelkreis 6 dient zur Anregung von Schwingungen mit der Resonanzfrequenz des Vibrationskreisels von beispielsweise 14 kHz. Die Anregung erfolgt dabei in einer Achse des Vibrationskreisels, zu welcher die für den sekundären Regelkreis benutzte Schwingungsrichtung um 90° versetzt ist. Im sekundären Regelkreis 7 wird das Signal SO in zwei Komponenten aufgespalten, von denen eine über ein Filter 8 einem Ausgang 9 zugeleitet wird, von welchem ein der Drehrate proportionales Signal abnehmbar ist.

In beiden Regelkreisen 6, 7 erfolgt ein wesentlicher Teil der Signalverarbeitung digital. Die zur Signalverarbeitung erforderlichen Taktsignale werden in einem quarzgesteuerten digitalen Frequenzsynthesizer 10 erzeugt, dessen Taktfrequenz im dargestellten Beispiel 14,5 MHz beträgt. Für die Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens kommt im Wesentlichen der primäre Regelkreis in Frage, weshalb in den Figuren 4 und 5 Ausführungsbeispiele für den primären Regelkreis dargestellt sind.

Bei dem anhand von Fig. 2 erläuterten Ausführungsbeispiel wird durch ein in Fig. 2a dargestelltes Schaltsignal zum Zeitpunkt  $t_1$  der Regelkreis unterbrochen, worauf das Ausgangssignal  $P_O$  (Fig. 2b) eine gedämpfte Schwingung ausführt.

5 Eine geeignete Messschaltung stellt fest, wann die Amplitude des Ausgangssignals  $P_O$  nicht mehr eine vorgegebene Schwelle erreicht. Diese Zeit wird mit einem nicht dargestellten Schwellwert verglichen. Ist die Zeit relativ groß, weist der Vibrationskreisel auch eine genügend kleine Dämpfung auf. Ist 10 er jedoch zu stark gedämpft, wird dieser zeitliche Schwellwert nicht erreicht und eine entsprechende Fehlermeldung ausgegeben.

15 Bei dem zweiten Ausführungsbeispiel wird mit einem in Fig. 3a gezeigten Schaltsignal eine zusätzliche Phasendrehung zwischen den Zeitpunkten  $t_1$  und  $t_2$  eingeführt. Um die Resonanzbedingungen zu erhalten, reagiert der Regelkreis mit einer Änderung der Frequenz  $f_{PO}$ , was in Fig. 3b dargestellt ist. Überschreitet dabei die Frequenzänderung einen Schwellwert  $s$ , 20 ist die Güte des Vibrationskreisels hoch genug. Ändert sich dagegen die Frequenz weniger, so ist eine hohe Dämpfung vorhanden, so dass eine Fehlermeldung ausgelöst wird.

25 Der in den Figuren 4 und 5 dargestellte primäre Regelkreis weist einen Verstärker 11 für das Ausgangssignal  $P_O$  auf, an den sich ein Anti-Alias-Filter 12 und ein Analog/Digital-Wandler 13 anschließen. Mit Hilfe von Multiplizierern 14, 15, denen Träger  $T_{i1}$  und  $T_{q1}$  zugeführt werden, erfolgt eine Aufspaltung in eine Inphase-Komponente und eine Quadratur-30 Komponente. Beide Komponenten durchlaufen anschließend je ein  $(\sin x/x)$ -Filter 16, 17 und ein Tiefpaßfilter 18, 19. Der gefilterte Realteil wird einem PID-Regler 20 zugeführt, der den digitalen Frequenzsynthesizer steuert, wodurch eine Phasenregelung geschlossen wird, welche die richtige Phasenlage 35 der Träger  $T_{i1}$  und  $T_{q1}$  bewirkt. Außerdem wird ein Träger  $T_{q2}$  erzeugt, der in einer Schaltung 22 mit dem Ausgangssignal eines weiteren PID-Reglers 21 moduliert wird, der den tiefpaß-

gefilterten Imaginärteil erhält. Das Ausgangssignal der Schaltung 22 wird dem Eingang 2 des Vibrationskreisels 1 als Erregersignal PD zugeführt.

- 5 Ein Mikrocomputer 23 steuert neben anderen Vorgängen die zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens erforderlichen Maßnahmen. Bei dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 4 erzeugt er das in Fig. 2a dargestellte Schaltsignal und leitet es an die Schaltung 22, wodurch das Erregersignal PD unterbrochen wird.
- 10 An den Ausgang des Analog/Digital-Wandlers 13 ist eine Schaltung 24 zur Messung der Amplitude, beispielsweise ein Amplitudendemodulator, angeschlossen. Der Ausgang der Schaltung 24 ist mit einer Schwellwertschaltung 25 verbunden, deren Ausgangssignal dem Mikrocomputer 23 zugeleitet wird. Damit kann im Mikrocomputer 23 die Ausschwingzeit und damit die Güte des Vibrationskreisels bestimmt werden.
- 15
- 20 Bei dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 5 leitet der Mikrocomputer 23 ein Signal entsprechend Fig. 3a an den Frequenzsynthesizer, der eine zusätzliche Phasenverschiebung vornimmt. Die Reaktion des Phasen-Regelkreises besteht darin, dass der Frequenzsynthesizer eine andere Teilung aus der Taktfrequenz wählt, um die Frequenz der Träger zu verändern. Dies kann als Maß für die Frequenzabweichung dem Mikrocomputer 23 zugeführt werden, der dann die im Zusammenhang mit Fig. 3 erläuterte Auswertung vornimmt.
- 25

**Patentansprüche**

1. Verfahren zur Überwachung eines Vibrationskreisels, der einen Resonator darstellt und Teil mindestens eines Regelkreises ist, der den Vibrationskreisel durch Zuführung eines Erregersignals mit seiner Eigenfrequenz erregt, wobei dem Vibrationskreisel ein Ausgangssignal entnehmbar ist, aus dem durch Filterung und Verstärkung das Erregersignal abgeleitet wird, dadurch gekennzeichnet, dass die Güte des Resonators gemessen wird und dass bei einer Güte unterhalb eines Schwellwertes eine Fehlermeldung erzeugt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Erregersignal abgeschaltet wird und dass die Amplitude des abklingenden Ausgangssignals zur Erzeugung der Fehlermeldung ausgewertet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Fehlermeldung erzeugt wird, wenn die Amplitude des Ausgangssignals nach einer vorgegebenen Zeit unter einem vorgegebenen Wert liegt.
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in den Regelkreis vorübergehend eine zusätzliche Phasendrehung des Erregersignals eingefügt wird und dass eine dadurch bedingte Frequenzänderung ausgewertet wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Ausgangssignal nach Verstärkung und Analog/Digital-Wandlung in eine Inphase-Komponente und eine Quadratur-Komponente demoduliert wird, dass die Quadratur-Komponente nach Filterung einen Träger moduliert, der als Erregersignal dem Vibrationskreisel zugeführt wird, dass die Inphase-Komponente nach Filterung einer PLL-Schaltung zugeführt wird, welche die Frequenz und Phase

des Trägers regelt, dass zur Phasendrehung des Erreger-signals ein der Frequenzänderung entsprechendes Signal der PLL-Schaltung zugeführt wird, das eine Phasenänderung des Trägers bewirkt.

5

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Phasendrehung etwa  $10^\circ$  bezogen auf den Träger ist.

**Zusammenfassung****Verfahren zur Überwachung eines Vibrationskreisels**

5

Bei einem Verfahren zur Überwachung eines Vibrationskreisels, der einen Resonator darstellt und Teil mindestens eines Regelkreises ist, der den Vibrationskreisel durch Zuführung eines Erregersignals mit seiner Eigenfrequenz erregt, wobei dem Vibrationskreisel ein Ausgangssignal entnehmbar ist, aus dem durch Filterung und Verstärkung das Erregersignal abgeleitet wird, wird die Güte des Resonators gemessen. Bei einer Güte unterhalb eines Schwellwertes wird eine Fehlermeldung erzeugt.

10

15  
Fig. 4

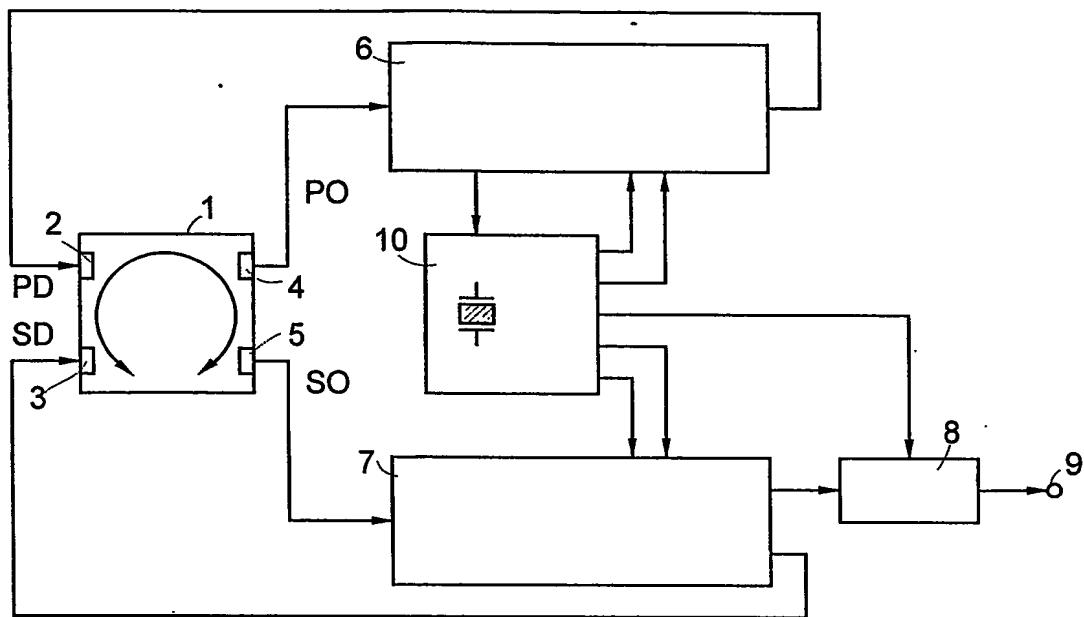


Fig.1

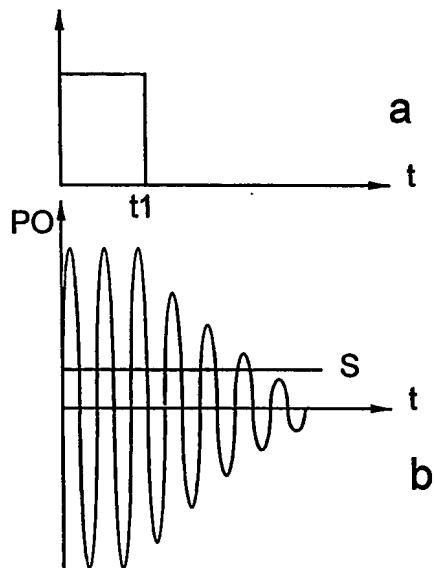


Fig.2

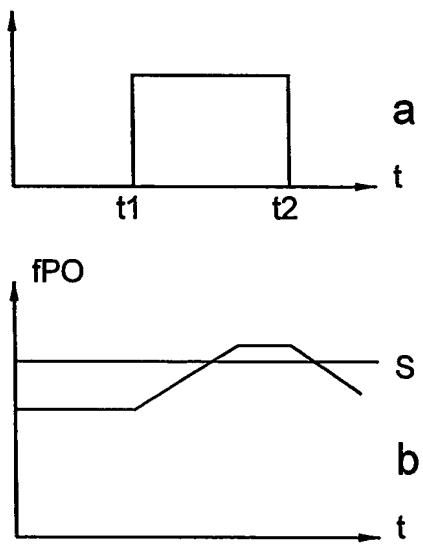


Fig.3

2/3

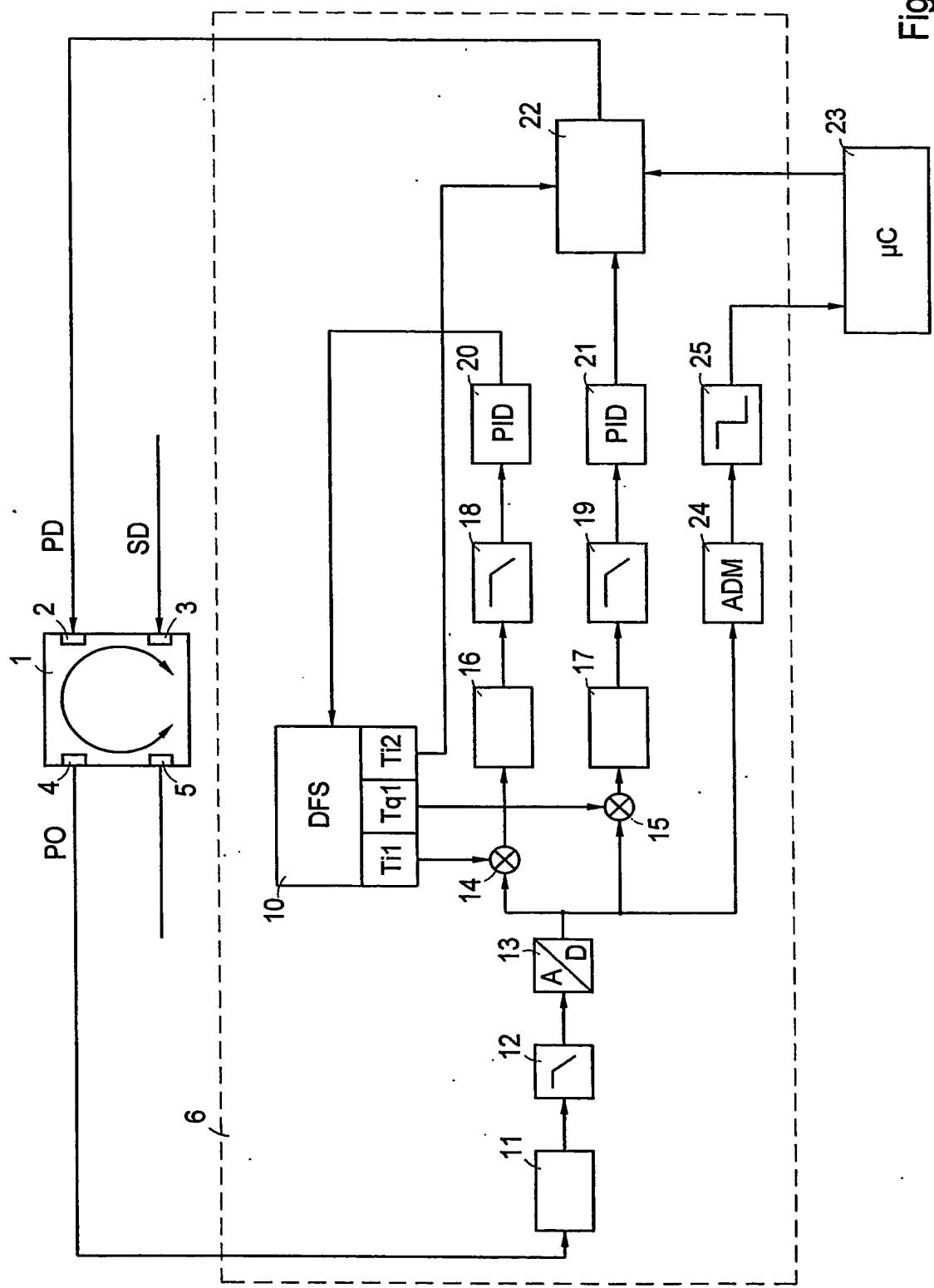


Fig.4

3/3

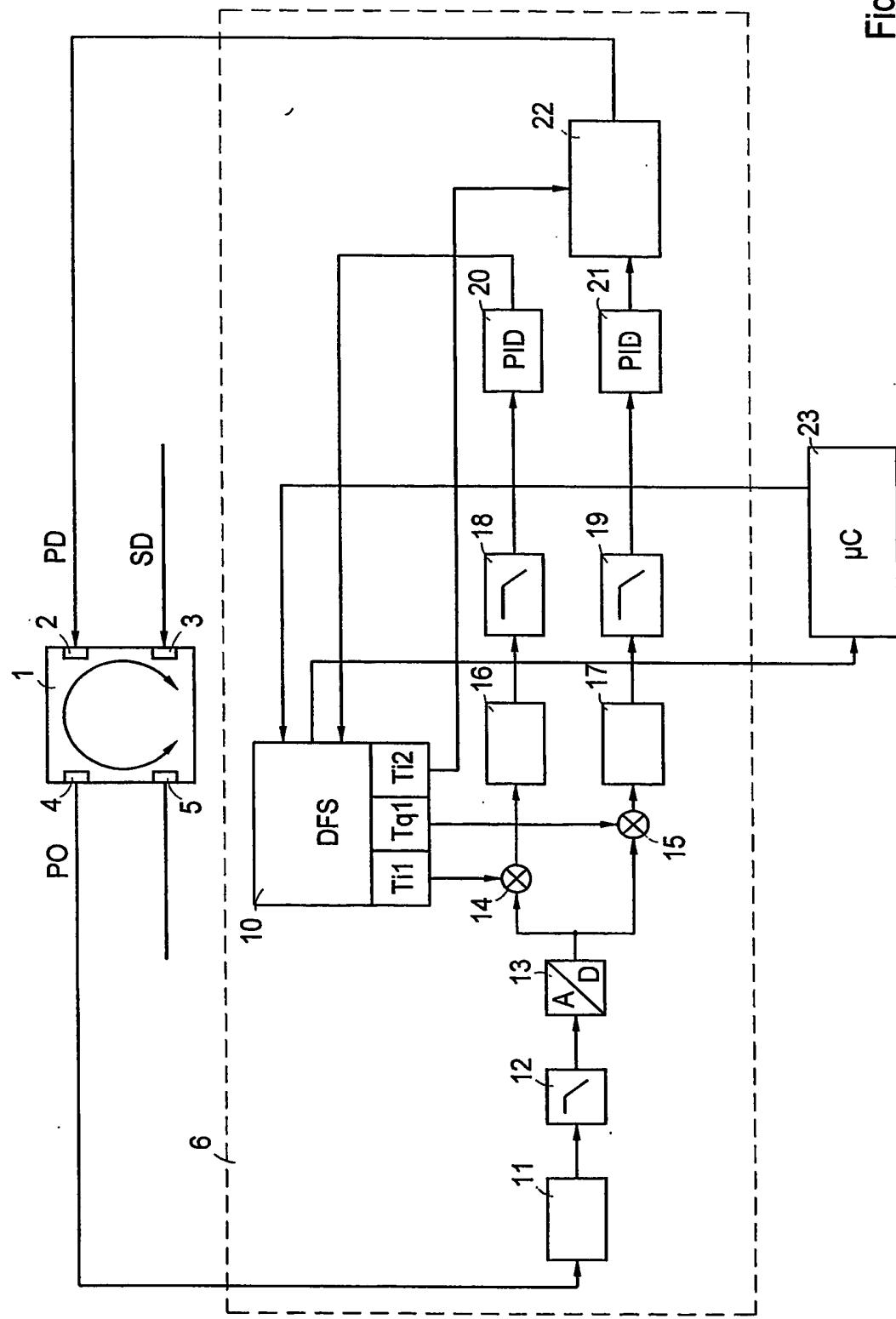


Fig.5